

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/014640

International filing date: 22 December 2004 (22.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 001 314.4
Filing date: 07 January 2004 (07.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 April 2005 (07.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 001 314.4

Anmeldetag: 7. Januar 2004

Anmelder/Inhaber: Pepperl + Fuchs GmbH, 68307 Mannheim/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen
Detektion von flächigen Objekten mittels Ultraschall

IPC: G 01 B, B 65 H

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Januar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stanschus

6517/NDE/2 1.2004



- 1 -

Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen
Detektion von flächigen Objekten mittels Ultraschall

Technisches Gebiet:

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur berührungslosen Detektion von geschichteten flächigen Objekten, wie Bögen, unter Verwendung eines Senders und eines Empfängers zum Senden und Empfangen von Ultraschall, wie Papier, Pappe, Folien, Bleche oder ähnliche flächige Materialien, zur Detektion von Mehrfachlagen gegenüber der Einfachlage von Mehrfach- und Einfachbögen, von
- 10 Papierklebe- oder -abriss- oder -aufreißstellen, sowie zur Detektion oder Zählen von auf einem Trägermaterial angeordneten Objekten, wie Etiketten, durch Erkennen von zwischen benachbarten Objekten befindliche Lücken, wobei das Objekt bzw. das Trägermaterial zwischen Sender und Empfänger angeordnet ist und der Empfänger die durch das Objekt bzw. das Trägermaterial transmittierte
- 15 Ultraschallwelle empfängt, welche in einer mit dem Sender und dem Empfänger elektrisch verbundenen Auswerteschaltung ausgewertet wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1; ebenso betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

W 20 Stand der Technik:

- In der Druckindustrie werden häufig Vorrichtungen zur Detektion von Mehrfachbögen, speziell Doppelbögen, zum Schutz der Druckmaschine eingesetzt, weil bei einem gleichzeitigen Einzug zweier Bögen in die Druckmaschine Schäden an der Maschine auftreten können oder aber erheblicher Ausschuss erzeugt wird. Ebenso werden derartige Vorrichtungen, zum Beispiel in der Druck-
- 25 industrie, auch zur Erkennung von Etiketten wie auch zur Erkennung von Klebestellen und/ oder auch zur Erkennung von innig miteinander verbundenen Laminaten, wie zum Beispiel für die Aufreißfadenerkennung, eingesetzt. Bei der Etikettenerkennung werden Etiketten, welche auf ein Trägermaterial geklebt sind,
- 30 erkannt; bei der Erkennung von Klebestellen wird die geklebte Stelle beim Ansatz zum Beispiel einer neuen Papierrolle erkannt. Bei der Aufreißfadenerkennung, bei der eine Schlitzblende zur Anwendung gelangt, werden auf Folien auflaminierte Folienfäden, welche auf das Trägermaterial geklebt sind, erkannt

6517/NDE/2.1.2004

- 2 -

und auf Vorhandensein überprüft. Hierzu ist es notwendig, eine örtliche Auflösung in der gleichen Größenordnung wie die Breite des Aufreißfadens (ca. 0,5 – 1,5 mm) zu realisieren.

- 5 Es sind Systeme bestehend aus einem optischen Sender und einem optischen Empfänger in einer Schrankenordnung bekannt, wobei das Papier durchleuchtet wird. Die auf den Empfänger bezogene gemessene Bestrahlungsstärke ist von der Papierdicke bzw. der Opazität des Materials abhängig. Dieser Zusammenhang wird benutzt, um Ein- oder Mehrfachbögen zu erkennen. Jedoch ist das
- 10 Verfahren empfindlich gegen Verschmutzungen und nicht dazu geeignet, Kartonagen und dickere Papiere bzw. Pappe in einem hohen Grammaturbereich festzustellen; auch bedruckte Papiere bereiten erhebliche Probleme. Praktisch sehr schwierig ist die Ein- oder Mehrfachbogenerfassung von spiegelnden und/oder reflektierenden Bogenmaterialien. Ebenso wenig ist das Verfahren,
- 15 ohne den Einsatz von Linsen, auf Grund des kleinen Messflecks für inhomogene Papiere geeignet.

- Durch die DE 200 18 193 U1 ist eine Vorrichtung zur Kontrolle von Bögen in einer Bogen verarbeitenden Maschine mit einem die Bögen erfassenden Sensor und
- 20 einer Auswerteeinheit bekannt geworden, wobei zur Detektion von Einfachbögen oder Mehrfachbögen in der Auswerteeinheit aus den Ausgangssignalen der Sensoren ein Bogenfeststellungssignal abgeleitet wird. Als Sensoren sind ein kapazitiver Sensor und ein Ultraschallsensor vorgesehen, wobei das Bogenfeststellungssignal aus einer logischen Verknüpfung der Ausgangssignale der Sensoren abgeleitet ist und die logische Verknüpfung in Abhängigkeit der während
- 25 einer Abgleichsphase ermittelten Ausgangssignale der Sensoren durch die Auswerteeinheit festgelegt ist. Die analogen Ausgangssignale der Sensoren werden jeweils mittels eines Schwellwerts bewertet und die erhaltenen binären Ausgangssignale logisch miteinander verknüpft. Dieses Verfahren mittels zweier
- 30 unterschiedlicher Sensoren, nämlich Ultraschallsensor und kapazitiver Sensor, ist wohl gleichermaßen für dickere und dünnere Papiere geeignet, jedoch ist dieses Verfahren teuer und aufwändig in der Montage sowie beim Abgleich im Betrieb.

Durch die DE 195 21 129 C1 ist eine Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von Etiketten auf einem Trägermaterial bekannt geworden, die einen kapazitiven Sensor mit zwei Kondensatorelementen verwendet. Jedem Kondensatorelement ist ein Zeitglied zugeordnet, das mittels eines Oszillators zeitversetzt aktiviert werden kann. Die dielektrischen Eigenschaften des Papiers oder des Bogenmaterials wird in den Schwingkreis des Oszillators kapazitiv einbezogen. Da das Papier eine von eins verschiedene Dielektrizitätskonstante aufweist, hat es einen Einfluss auf die Oszillationsfrequenz des Oszillators, welche ausgewertet werden kann. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass dünne Papiere nur schwer oder gar nicht zu detektieren sind, metallkaschierte Papiere sind nicht detektierbar bzw. auswertbar. Ebenso sind mit diesem Verfahren Folien nur schwer zu detektieren, weil diese eine zu geringe Dicke und Aufgrund der geringen von eins verschiedenen Dielektrizitätskonstante eine zu marginale Verstimmung des Schwingkreises aufweisen.

Durch die DE 199 21 217 A1 ist eine Vorrichtung zur Detektion von Etiketten auf einem Trägermaterial bekannt geworden, die einen Ultraschallwellen aussendenden Sender und einen Ultraschallwellen empfangenden Empfänger in Schrankenordnung aufweist; das Trägermaterial mit den Etiketten ist zwischen Sender und Empfänger angeordnet. Zur Detektion der Etiketten wird das Empfangssignal am Ausgang des Empfängers mit einem Schwellwert verglichen, der während eines Abgleichvorgangs bei zwischen Sender und Empfänger angeordneten Trägermaterial oder dort angeordneter Etiketten in Abhängigkeit des dabei registrierten Empfangssignals selbsttätig bestimmt wird. Dabei emittiert der Sender Ultraschallwellen im Frequenzbereich zwischen 200 kHz und 400kHz, welche mit einer Modulationsfrequenz im Bereich von 2 kHz bis 5 kHz Frequenz moduliert sind. Diese Vorrichtung ist durch die DE 199 27 865 A1 durch eine Vorrichtung mit Ultraschallsender und Ultraschallempfänger zur Detektion von Einfachbögen oder Mehrfachbögen, im speziellen Doppelbögen, weiter ausgestaltet worden.

Durch die US2003/0006550A1 ist ein ähnliches Verfahren bekannt geworden, bei welchem zwar keine Blende ab ein Lochblech, um das der Bogen geführt wird, verwendet wird, welches den Schall durchlässt. Dieses Verfahren ist mit einer

6817/NDE/2.1.2004

4

Lochblende verwendet; die Messung geschieht mittels Ultraschall. Durch die DE 30 487 10C2 ist ein Verfahren zur Bestimmung des Flächengewichts von Papieren bekannt geworden, bei welchem auf die Grammaturen/Flächengewichte eingegangen wird. Auch hier geschieht die Messung mittels Ultraschall.

5

Bei den vorgenannten Verfahren des Standes der Technik handelt sich um eine Ultraschall-Transmissionsmessung, wobei sich Sender und Empfänger in einer Schrankenordnung gegenüber stehen. Die vom Sender emittierte Ultraschallwelle durchdringt das Papier, der transmittierte Anteil der Ultraschallwelle wird vom Empfänger empfangen und bezüglich seiner Amplitude bewertet. Die am Empfänger empfangene Amplitude beim Vorliegen eines Doppelbogens ist wesentlich geringer als bei Vorliegen eines Einfachbogens. Der Sender kann dabei kontinuierlich oder gepulst betrieben werden. Die Ultraschall-Transmissionsmessung ist für dicke Papiere, wie Kartonagen oder Wellpappe, oftmals nicht geeignet, wobei eine gewisse Eignung für inhomogene Papiere gegeben ist. Ein kontinuierlicher Betrieb des Senders, üblicherweise mit einem Sendeübertrager und/oder andere induktive Bauelemente, hat den Nachteil einer geringeren auswertbaren Amplitude des Signals, weil die Anregungsspannung des Senders nicht so hoch sein kann als beim gepulsten Betrieb, wobei ebenso Gefahren von Interferenzen gegeben sind.

20

Deshalb muss beim kontinuierlichen Betrieb der Sender bezüglich der Papiernormalen geneigt sein oder die Ultraschallwelle kann frequenzmoduliert sein. Der gepulste Betrieb des Senders mit dem üblichen Sendeübertrager und/oder andere induktive Bauelemente bringt wohl eine höhere auswertbare Amplitude und eine geringere Gefahr von Interferenzen, weshalb in diesem Fall der Sender parallel zur Papiernormalen gerichtet sein kann. Allerdings ist bei diesem Verfahren der gepulste Betrieb aufgrund der vorgegebenen Ausschwingzeit des Sensorelements erheblich langsamer als bei kontinuierlichem Betrieb, was bei den heutigen Geschwindigkeiten der Druckmaschinen einen erheblichen Nachteil darstellt.

25

30

Die Ansprechzeiten von Ultraschallsensoren mit Sendeübertrager im kontinuierlichen Betrieb sind prinzipiell kürzer, da hier keine Pulspausen vorhanden sind,

was einen Vorteil darstellt. Speziell wenn keine diskrete Messsignalauswertung stattfindet, bietet sich die Auswertung im Dauerstrichbetrieb ebenfalls als die Betriebsart mit der schnelleren Ansprechzeit an.

- 5 Die vorbeschriebenen Verfahren zur Ultraschall-Transmissionsmessung verstärken das am Empfänger verbleibende Ultraschallsignal in der Praxis mit näherungsweise linearen Verstärkern oder dergestalt ähnlich ausgelegten Verstärkerschaltungen mit nachgeschalteten Filtern. Durch den geringen Dynamikbereich von näherungsweise linearen Verstärkern sind dicke Papiere, wie Kartonagen
10 oder Wellpappe, für derartige Messungen oftmals schwierig bzw. nicht geeignet; zudem ist das Flatterverhalten - d.h. die Eignung des Verfahrens für inhomogene Papierbögen bzw. sich während der Verarbeitung in Richtung der Papiernormalen bewegend flexible Bögen ist eingeschränkt - nur unzureichend mit derartigen Verstärkern zu beherrschen.

- 15 Zur wenigstens teilweisen Behebung dieser Schwierigkeiten wird ein Einlernverfahren bezüglich unterschiedlicher Grammaturen eingesetzt, bei welchem ein Teach-In-Signal verwendet wird, wobei vor dem Beginn von Messungen ein Teach-In-Vorgang durchgeführt wird, durch den die auf der Maschine gefahrene
20 Grammatur/Flächengewicht bzw. Schallabsorption des Objektes, beispielsweise ein Bogen, erfasst und in der Auswerteschaltung der Ultraschalleinrichtung eingelernt wird. Beim Wechsel des Objektes und damit beim Einsatz einer unterschiedlichen Grammatur muss ein neuer Teach-In-Vorgang durchgeführt und eingelernt werden. Derartige Teach-In-Vorgänge verzögern natürlich den
25 Wechsel unterschiedlicher Objekte mit unterschiedlichen Grammaturen/Flächengewichten auf einer Maschine, wie ebenso derartige Teach-In-Vorgänge bei ihrer Durchführung mit Fehlern behaftet sein können.

- 30 Durch die EP-A-1067053 ist eine Vorrichtung zur Detektion von Objekten bekannt geworden, mit welcher die beschriebenen Nachteile wenigstens teilweise behoben werden sollen. Die Vorrichtung weist einen Ultraschallwellen emittierenden Sender und einem Ultraschallwellen empfangenden Empfänger auf, bei welchem die Objekte Etiketten sind, wobei das Trägermaterial mit den Etiketten

- zwischen Sender und Empfänger angeordnet ist und zur Detektion der Etiketten das Empfangssignal am Ausgang des Empfängers mit einem Schwellwert S1 verglichen wird, welcher während eines Abgleichvorgangs bei zwischen Sender und Empfänger angeordnetem Trägermaterial und / oder dort angeordneter Etikette in
- 5 Abhängigkeit des dabei registrierten Empfangssignals selbsttätig bestimmt wird. Des Weiteren ist es hieraus bekannt, die Ultraschallwellen mit einer Modulationsfrequenz zu modulieren, wobei die Objekte Bögen sind, und zur Unterscheidung von Einfach- und Mehrfachbögen das Empfangssignal am Ausgang des Empfängers mit einem Schwellwert S1 verglichen wird, welcher während eines Abgleich-
- 10 vorgangs bei zwischen Sender und Empfänger angeordnetem Bogen in Abhängigkeit des dabei registrierten Empfangssignals selbsttätig bestimmt wird. Die Ultraschallwellen werden dabei mit einer Modulationsfrequenz ν im Bereich von $2 \text{ kHz} \leq \nu \leq 5 \text{ kHz}$ frequenzmoduliert.
- 15 Weitere veröffentlichte Literatur ist durch die nach genannten Literaturstellen angegeben:
- [1] Krautkrämer, J.: Krautkrämer, H.: "Werkstoffprüfung mit Ultraschall", Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1980, 4 Auflage, ISBN 3-540-10106-3
- [2] Hofmann, T.: "Mikroprozessorgesteuerte Doppelbogenkontrolle auf Ultra-
- 20 schallbasis", 1989, Diplomarbeit an der Fachhochschule Offenburg.

Technische Aufgabe:

- A
- 25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung zu schaffen, die eine sichere Detektion von flachen und flächigen Objekten über einen großen Grammaturbereich, nämlich wenigstens zwischen 8 g/m^2 bis zu 4000 g/m^2 , wie dünne als auch dicke Papiere, metallkaschierte Papiere und/oder Folien, Papierklebe- und/oder -abriss- und/oder -aufreißstellen, und/oder zur Detektion und/oder Zählung von mindestens ein und/oder mehrfach ineinander verschachtelten Kunststoffverpackungen sowie von auf
- 30 einem Trägermaterial angeordneten Gegenständen, wie Etiketten und/oder Aufreißstellen, durch Erkennen von zwischen benachbarten Gegenständen befindliche Lücken und/oder der Überwachung der Aufreißstelle, insbesondere von Bögen, im Besonderen Einfach- und Mehrfachbögen, gewährleistet, ohne dass ein

Teach-In-Vorgang zum Einlernen unterschiedlicher Materialien mit voneinander verschiedenster Grammaturen/Flächengewichte durchgeführt werden muss.

Offenbarung der Erfindung und deren Vorteile:

- 5 Die Lösung der Aufgabe besteht darin, dass bei dem gattungsgemäßen Verfahren die Auswerteschaltung einen Verstärker aufweist, welchem eine solche Kennlinie vorgegeben wird, welche die Kennlinie der Grammatur der Objekte bzw. des Trägermaterials in Abhängigkeit von der Signalspannung, nämlich $U=f_{\text{Grammatur}}$, über einen großen Grammaturbereich, nämlich wenigstens zwischen
- 10 8 g/m^2 bis über 4000 g/m^2 , invers und/oder nahezu invers und/oder dergestalt nachbildet, Umkehrkennlinie bzw. Korrekturkennlinie, so dass damit mindestens eine lineare bzw. nahezu lineare und/oder eine nahezu ideale Abhängigkeit zwischen dem von dem Ultraschallempfänger empfangenen Schalldruck p sowie der dazugehörigen Eingangsspannung U_E und der Signalspannung U_A am
- 15 Ausgang des Verstärkers erreicht wird.

- In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird in dem/den Verstärker/n der Auswerteschaltung als Kennlinie wenigstens eine solche Korrekturkennlinie verwendet, deren praktische Ausgestaltung in Form einer Approximation, zum
- 20 Beispiel durch eine logarithmische und/oder eine mehrfachlogarithmische Kennlinie, vorgegeben wird.

- Der entscheidende Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, dass bei verschiedensten Flächengewichten, welches in einfacher Annäherung mit den Dicken der zu messenden Objekte
- 25 korreliert, insbesondere von unterschiedlichen Papier- und/oder Papp- und/oder Kartonsorten, völlig auf ein Teach-In-Verfahren verzichtet werden kann. Es ist also nicht mehr notwendig, die Vorrichtung auf die verschiedensten Transmissionsgrade, Flächengewicht und/oder Dicken der Objekte einzurichten und einzulernen. Weiterhin können mit dem beschriebenen Verfahren Papierdichteschwankungen, z.B. durch Unregelmäßigkeiten der Dicke oder durch Dichteschwankungen, erkannt und messtechnisch ausgeschieden und/oder völlig
- 30

ausgeblendet werden, so dass sich auch das Flatterverhalten bei den Messungen deutlich verbessert.

- Verfahrensmäßig wird die Amplitude der transmittierten Ultraschallwelle gemessen und mittels eines kennlinienkorrigierenden bzw. mittels eines an die gewünschte ideale Kennlinie sich annähernden elektrischen Messverfahren erreicht, dass über ein breites Materialspektrum eine in der praktischen Ausführung lineare bzw. nahezu lineare Abhängigkeit des Ausgangssignals in Bezug auf das Eingangssignal des Ultraschallempfängers erzielt wird. Es wird die Amplitude des Ultraschall-Transmissionssignals ohne einem vorherigen Teach-In-Vorgang ermittelt und hieraus wenigstens die Anwesenheit eines Objektes, eines einlagigen, gegebenenfalls bogenförmigen, Objektes und/oder mehrerer übereinander liegender Objekte bestimmt. Dabei können flächige Objekte über einen sehr weiten Dickenbereich, wie sehr dünne bzw. sehr schalltransmissive Objekte, vorzugsweise ab 8 g/m^2 Flächengewicht (ca. $10 \mu\text{m}$ Dicke) bis hin zu sehr dicken bzw. stark schallintransmissiven Objekten bis zu 4000 g/m^2 (ca. 4 mm Dicke) erfindungsgemäß gemessen werden.

- In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird als Kennlinie des Verstärkers der Auswerteschaltung dem Verstärker eine wenigstens einfachlogarithmische Kennlinie in Kombination mit einer nahezu linearen Verstärkerkennlinie und/oder mit einer der idealen Kennlinie angenäherten Kennlinie vorgegeben. Oder es kann als Kennlinie des Verstärkers der Auswerteschaltung dem Verstärker eine doppeltlogarithmische Kennlinie in Kombination mit einer linearen Kennlinie vorgegeben werden.

- In der Praxis ist die Kombination einer logarithmischen und einer linearen Kennlinie die wichtigste. Der Vorteil des logarithmischen Verstärkers besteht bei richtiger Auslegung darin, dass er einen sehr großen Dynamikbereich besitzt, was bedeutet, dass er ein großes Verhältnis der Spannungssignale von größtem zu kleinstem Signal verarbeiten kann.

- Ein linearer Verstärker kann beispielsweise ein Spannungs-Signalverhältnis in der Größenordnung von 50:1, das entspricht 34 dB, erreichen. Mit einem logarithmischen Verstärker kann hingegen ein Spannungs-Signalverhältnis von $3 \cdot 10^4$:1, das entspricht 90 dB, erreicht werden. Deshalb kann bei Verwendung
- 5 eines logarithmischen Verstärkers einer Signalübersteuerung bei hohen Signalamplituden entgegengewirkt werden. Diese bekannte Eigenschaft logarithmischer Verstärker wird erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise für die Ein- bzw. Mehrfachbogenerkennung verwendet, um einen Teach-In-Vorgang bezüglich der verschiedensten flächigen Objekte und Materialsorten zu vermeiden. Es wird somit
- 10 ein solcher Verstärker verwendet, welcher die zu der Kennlinie $U=f_{\text{grammatur}}$ inverse und/oder nahezu inverse Kennlinie und/oder eine der idealen Kennlinie zur Einfachbogenerkennung angenäherte Kennlinie bildet. Weil das Spannungssignal für ein Einfachbogen in Volt oder pro Einheitseinheit bei näherungsweise linearer Verstärkung in Abhängigkeit von der Material- bzw. Papierstärke, gemessen in g/m^2 , hyperbelförmig, exponentiell oder dergestalt ähnlich abfallend
- 15 verläuft, werden erfindungsgemäß logarithmische und/oder doppeltlogarithmische und/oder eine/n die Idealkennlinie zur Einfachbogenerkennung angenäherten Kennlinie/n verarbeitenden Verstärker verwendet.
- 20 Ein weiterer Vorteil der Verwendung von logarithmischen und/oder doppeltlogarithmischen Verstärker/n besteht darin, dass das anzuwendende Materialspektrum zu dünnen bzw. leichteren Bögen hin erweitert wird, da mit zunehmendem Signalpegel bei diesen Verstärkern die Kennlinie der Verstärkung in die Sättigung geht und damit praktisch keine Verstärkung mehr vorhanden ist. Damit ergeben
- 25 selbst geringste Änderungen bei den verwendeten Materialien, wie beispielsweise bei einem sehr dünnen Papierbogen zwischen Ultraschallsender und Ultraschallempfänger, ein deutlich auswertbares Signal.
- 30 Ein weiterer bedeutender Vorteil der Verwendung von logarithmischen und/oder doppeltlogarithmischen Verstärker/n besteht darin, dass das auswertbare Materialspektrum zu dickeren bzw. schwereren Bögen hin erweitert wird, da bei geringem Signalpegel die Verstärkung sehr hoch ist und selbst schwächste Signale die einen Einfachbogen noch durchdringen genügend zu verstärken und zur

6517/NDE/2.1.2004

- 10 -

Auswertung heranzuziehen. Diese bekannte Eigenschaft wird hier in vorteilhafter Ausgestaltung für die Ein- bzw. Mehrfachbogenerkennung verwendet.

- 5 Für spezifische Anwendungen sind aber auch Kombinationen von verschiedenen Kennlinien zur Erzeugung der geforderten idealen bzw. praktisch idealen Kennlinie möglich und von Vorteil.

- 10 In weiterer erfindungsgemäßer Ausgestaltung des Verfahrens wird als Kennlinie des/r Verstärker/s der Auswerteschaltung den/m Verstärker/n eine logarithmische und/oder eine doppeltlogarithmische Kennlinie und/oder eine der idealen Kennlinie zur Einfachbogenerkennung angenäherten Kennlinie in Kombination mit einer nahezu linearen Kennlinie und/oder einer anderen dergestalt und zu kombinierenden Kennlinie zur weiteren Annäherung an die ideale Kennlinie vorgegeben. Im besonderen gilt dies für die Kombination eines linearen
- 15 Verstärkers mit einem logarithmischen und/oder auch doppeltlogarithmischen Verstärker und/oder dergestalt ausgeführten Verstärker. Dadurch ist der grundlegende Vorteil gegeben, dass auf diese Weise Klebestellen und Etiketten sicher zu erkennen sind wie auch eine Doppelbogenerkennung, jeweils ohne Teach-In-Vorgang, sicher zu ermitteln ist.

- 20 Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die Flatterempfindlichkeit durch die Korrektur der Kennlinie erheblich herabgesetzt bzw. verbessert wird. Unter Flatterverhalten versteht man eine Auf- und Abbewegung des Objekts in etwa in Richtung zur Normalen auf die Bogenebene, insbesondere eines flexiblen Papierbogens. Die Verringerung der Flatterempfindlichkeit bedeutet, dass sich der Papierbogen hoch und nieder bewegen kann, ohne dass es zu einer Mehrfachbogenanzeige kommt, zum Beispiel durch
- 25 wegreflektierten Schall, was bei dicken Papierbögen bzw. bei Bögen mit höheren Flächengewichten häufig der Fall ist.

- 30 In weiterer erfindungsgemäßer Ausgestaltung des Verfahrens kann zur Gewinnung der Umkehrkennlinie für den/die Verstärker, die Schalldämpfung bzw. die daraus resultierende Signalspannung, $U=f_{\text{Grammatur}}$, in Abhängigkeit der

6517/NDE/2.1.2004

- 11 -

Grammatur bzw. des Flächengewichts des Objekts bzw. des Trägermaterials aufgetragen werden und dergestalt die Kennlinien für eine Mehrzahl von unterschiedlichen Objekten bzw. Trägermaterialien ermittelt und daraus die optimale inverse und/oder nahezu inverse Umkehrkennlinie rechnerisch und/oder empirisch ermittelt und/oder die der idealen Kennlinie angenäherte Kennlinie ermittelt werden.

Dafür kann die Umkehrkennlinie und/oder die der idealen Kennlinie angenäherte Kennlinie für die unterschiedlichen Materialspektren in mehrere Bereiche unterteilt und die Auswerte- und Empfangseinheit des Sensors optimal an die unterschiedlichen erforderlichen Bereiche mittels eines Mikroprozessors und darin abgelegten unterschiedlichen Programm und/oder Programmen angepasst werden. Damit ist die Einstellung von verschiedenen Programmen für die Auswerte- und Empfangseinheit des Sensors beispielsweise über eine Low-Level Programmierung möglich. Dazu kann eine optische Anzeige des eingestellten Programms durch zum Beispiel eine Blinkfolge mindestens eines Leuchtmittels, insbesondere eine Leuchtdiode, während der Low-Level Programmierung erfolgen. Ebenso kann anschließend mindestens eine optische Anzeige des eingestellten Programms durch mindestens eine Blinkfolge erfolgen.

Des Weiteren können alle Programme durch einmaliges Auflegen und Abziehen und/oder durch mehrmaliges Auflegen und Abziehen eines Funktionseingangs der Auswerteschaltung abgefragt und eingestellt werden. Dabei kann in besonders vorteilhafter erfinderischer Weise das Verfahren von Impulsbetrieb auf Dauerstrich umgestellt und n mögliche Programme ausgewählt werden, die zeitgesteuert anwählbar sind und damit sowohl manuell als auch von einer übergeordneten automatischen Steuerung bedient bzw. fernbedient werden können.

Die Umschaltung von Impuls- bzw. Dauerstrichbetrieb bei Ansteuerung des Sensorelements ohne Sendeübertrager und/oder andere induktive Bauelemente bietet die folgenden Vorteile: Da die Sendespannung bei einer rein elektronischen Ansteuerung des Sensorelements in der Größenordnung der maximalen Versorgungsspannung liegt, bedeutet ein Dauerstrichbetrieb, dass die mögliche

6517/NDE/2.1.2004

- 12 -

auswertbare empfangene Signalamplitude höher ist als bei Impulsbetrieb, da hier das elektromechanische Sendeelement, zum Beispiel eine Piezokeramik, immer aufgeschwungen ist. Hingegen ist beim Impulsbetrieb ein Aufschwingen nicht vollständig innerhalb der Messzeit gewährleistet in Abhängigkeit von der zu erreichenden Ansprechzeit des Sensors. Dadurch kann erfindungsgemäß, im Dauerstrichbetrieb sowohl die Amplitude als auch die Ansprechzeit ein und desselben Sensors gegenüber dem Impulsbetrieb verbessert werden. Beim Dauerstrichbetrieb wird der Sensor, die Piezokeramik, nicht überbeansprucht.

10 Vorzugsweise kann eine Unterteilung der Umkehrkennlinie für unterschiedliche Materialspektren in mindestens einen, vorzugsweise jedoch drei und/oder fünf, Abschnitte erfolgen, welche unterschiedlichen Grammaturbereichen/ Flächengewichten zugeordnet werden.

15 Dabei eignet sich ein einzelner Grammatur-/Flächengewichtsbereich für den universellen Einsatz an bogenverarbeitenden Anlagen und/oder Maschinen.

Bei der Verwendung von drei Grammatur-/Flächengewichtsbereichen kann der universelle Einsatzbereich für leichte Grammaturen-/Flächengewichtsbereiche, d.h. zu sehr dünnen/schalltransmissive Materialien, hin erweitert werden. Ebenso kann der Einsatzbereich für schwere Grammaturen-/Flächengewichtsbereiche, d.h. zu sehr dicken/schallintransmissive Materialien, hin erweitert werden. Bei der Verwendung von mehr als drei Programmen kann auf typische Materialspektren hin optimiert werden, d.h. in Abhängigkeit von den Bedürfnissen und technischen Gegebenheiten der Anlagen für ein spezifisches Materialspektrum und/oder für mehrere Materialspektren. Die Optimierung bezieht sich hierbei erfindungsgemäß auf die Wahl der für ein Material geeigneten Schaltschwelle, so dass ein Maximum an Betriebssicherheit und damit maximale Funktionsreserve für den einwandfreien Betriebe gegeben ist.

30

Das Verfahren ist des Weiteren unempfindlich gegen eine Bedruckung des Objekts, gegen Farben sowie spiegelnde Oberflächen desselben. Des Weiteren ist eine senkrechte oder geneigte Montage der Ultraschallsensoren über der

Bogenebene möglich. Hierbei muss die Art der Montage nach Betriebsart unterschieden werden. Vorzuziehen ist die geneigte Montage bei Dauerstrichbetrieb, sofern hier keine Maßnahmen zur Vermeidung von Interferenzen ergriffen wurden. Die erstgenannte Montage kann für sehr dünne Materialien eingesetzt werden. Die zweitgenannte Art der Montage ist für dickere Materialien vorzuziehen, und um Interferenzen der Ultraschallwellen zu vermeiden. Des Weiteren ist es möglich, die gesendeten Ultraschallwellen mit einer Modulationsfrequenz, bis hin zu einer Schwebung, zu modulieren, um Toleranzen der Ultraschallwandler auszugleichen.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht darin, dass der Verstärker der Auswerteschaltung solche Kennlinie besitzt, die der Kennlinie der Grammaturnur der Objekte bzw. des Trägermaterials in Abhängigkeit von der Signalspannung, nämlich $U=f_{\text{Grammaturnur}}$, über einen großen Grammaturbereich, nämlich wenigstens zwischen 8g/m^2 bis zu 3000g/m^2 , invers oder nahezu invers entspricht, Umkehrkennlinie bzw. Korrekturkennlinie, zum Erreichen einer linearen bzw. nahezu linearen Abhängigkeit zwischen dem vom Ultraschallempfänger empfangenen Schalldruck p und der Signalspannung U_A am Ausgang des Verstärkers.

In erfinderischer Ausgestaltung ist die Kennlinie des Verstärkers der Auswerteschaltung eine logarithmische oder eine doppeltlogarithmische Kennlinie. Des Weiteren kann die Kennlinie des Verstärkers der Auswerteschaltung eine logarithmische oder eine doppeltlogarithmische Kennlinie in Kombination mit einer linearen Kennlinie sein.

In weiterer erfinderischer Ausgestaltung ist nach dem Ultraschallsender und vor dem Objekt eine Loch- oder Schlitzblende angeordnet zum gezielt vorgegebenen Durchlass der Ultraschallwellen, insbesondere zur Erkennung von aufflaminierten Aufreißfäden oder sonstigen Fäden. Insbesondere ist die Verwendung von Loch- oder Schlitzblenden zur Doppelbogendetektion vorteilhaft, weil dadurch eine Erhöhung der Auflösung bzw. der Fokussierung einhergeht. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz einer Loch- oder Schlitzblende nur in Zusammenhang mit einem

logarithmischen oder doppeltlogarithmischen Verstärker sinnvoll ist, weil ansonsten die erhaltenen Signale zu schwach sind und eine Doppelbogenerkennung bzw. die Auswertung einer Materialverdickung nicht möglich ist. Bei der Anwendung des linearen Verstärkerprinzips ist die Flatterempfindlichkeit zu hoch.

- 5 Ebenso wird beim Einsatz einer Loch- oder Schlitzblende die räumliche Auflösung zur Doppelbogenerkennung bzw. Aufreißfadenerkennung verbessert.

- 10 Des Weiteren kann mittels des Mikroprozessors ein automatischer Abgleich auf die maximale Ultraschallamplitude durch ein elektronisches Potentiometer erfolgen. Dadurch kann die elektrische Vorprüfung der Vorrichtung bei der Herstellung vollautomatisiert werden.

Kurzbezeichnung der Zeichnung, in der zeigen:

- 15 **Figur 1** eine prinzipielle Anordnung eines Ultraschallsenders und Ultraschallempfängers mit einer vor dem letzteren angeordneten Blende zur teilweisen Abschattung der Ultraschallwellen, wobei oberhalb der Blende zwischen Sender und Empfänger eine Folie mit einem Folien-Aufreißstreifen als zu detektierendes Objekt angeordnet ist,
- 20 **Figur 2a** eine Darstellung der prinzipiellen Abhängigkeit des Ausgangsspannungssignals des Verstärkers vom Flächengewicht bzw. der Grammatur bei unterschiedlichen Verstärkern sowie Einzelbogen oder Doppelbogen
- 25 **Figur 2b** eine Darstellung unterschiedlicher Einzelbogenkennlinien, wobei das Ausgangsspannungssignal des Verstärkers über dem Flächengewicht bzw. der Grammatur aufgetragen ist
- Figuren 3-6** verschiedene einzelne Grammaturkurven unterschiedlicher Materialien aufgetragen über der Ausgangsspannung für Einzelbogen und Doppelbogen, wobei jeweils lineare und logarithmische Kurven im Vergleich gezeigt sind und
- 30 **Figur 7** ein Blockschaltbild einer elektrischen Schaltung der Vorrichtung zur Auswertung des Ultraschalltransmissionssignals.

6517/NOB/2.1.2004

- 15 -

Die Erfindung geht aus von der Erkenntnis, dass bei der Ultraschall-Doppelbogenkontrolle im Stand der Technik das nach dem Verstärker bei näherungsweise linearer Verstärkung erhaltene Spannungssignals und gegebenenfalls Filterung in Abhängigkeit von der Papierstärke im Wesentlichen hyperbelförmig verläuft.

Die Figur 2a zeigt hierzu eine Darstellung der prinzipiellen Abhängigkeit des normierten Ausgangsspannungssignals U_A eines Verstärkers vom Flächengewicht bzw. der Grammaturn in g/m^2 bei unterschiedlichen Verstärkern sowie Einzelbogen oder Doppelbogen. Kennlinie I in Figur 2a symbolisiert ein (ideales) Einzelbogensignal bei Verwendung eines näherungsweise linearen Verstärkers mit einem näherungsweise exponentiellen Abfall der Kennlinie zur Unterscheidung von Einfach und Mehrfachbogen. Aus dieser näherungsweise exponentiellen Kennlinie wird durch Verwendung der dem Verstärker inhärenten logarithmischen und/oder doppeltlogarithmischen Umkehrfunktion hierbei die Kennlinie II für verschiedenste Materialien für Einfachbögen erzeugt. Die Kurve II symbolisiert somit ein Einzelbogensignal bei Verwendung eines logarithmischen Verstärkers mit einem näherungsweise linearen Abfall der Kennlinie. Bei einer fixen und/oder variablen Wahl der Schaltschwelle besitzt der Schnittpunkt zwischen Luftschwelle und Wert des Einfachbogens noch eine ausreichend große Steilheit um einen definierten bzw. sehr kleinen Materialbereich herum. Somit ist die Auswertung Ereignis "Luft" und/oder Ereignis "Mehrfachbogen" eindeutig vorzunehmen. Es ist eine konstante Schalltransmission für den Einfachbogen über den gesamten Grammaturbereich bei im Idealfall mittigen Spannungswert zwischen keiner Schwelle und der Mehrfachbogenschwelle gegeben.

Die Kurve Ia symbolisiert ein Doppelbogensignal bei Verwendung eines näherungsweise linearen Verstärkers mit einem näherungsweise doppelt exponentiellen Abfall der Doppelbogenkennlinie. Die Kurve IIa symbolisiert ein Doppelbogensignal bei Verwendung eines logarithmischen Verstärkers mit einem näherungsweise einfach logarithmischen Abfall der Doppelbogenkennlinie.

6517/NOB/2.1.2004

- 16 -

Figur 2b zeigt eine Darstellung der prinzipiellen Abhängigkeit des normierten Ausgangsspannungssignals U_A des Verstärkers vom Flächengewicht in g/m^2 bei unterschiedlichen Verstärkern zur Darstellung verschiedener Einzelbogenkennlinien. Mit der obersten waagrecht, punktiert-gestrichelt gezeichneten Linie bei $U_A=1$ ist die maximale Versorgungsspannung bzw. die Sättigungsgrenze gekennzeichnet; darunter befindet sich zum Beispiel bei einem Wert $U_A=0,75$ die waagrecht punktiert-gestrichelt gezeichnete Luftschwelle; darunter befindet sich zum Beispiel bei einem Wert $U_A=0,125$ die waagrecht punktiert-gestrichelt gezeichnete Doppelbogenschwelle; darunter befindet sich zum Beispiel bei einem Wert $U_A=0,05$ die waagrecht punktiert-gestrichelt gezeichnete Rauschschwelle.

Kurve I in Figur 2b kennzeichnet eine ideale Einzelbogenkennlinie, bei der keine Sättigung bei dünnen Materialien auftritt und die einen hohen Abstand zum Rauschen bzw. zum Doppelbogenwert aufweist. Die hohen Störabstände dienen einem sicheren Schalten. Kurve II zeigt eine nichtlineare Kennlinie, die mittels des Verstärkers aufgrund des Wendepunktes relativ schwierig zu erfassen ist. Die Bereiche IIa) und IIb) müssen in diesem Fall realisiert werden. Bereich IIa, leichte Grammaturen, kann vorteilhaft über einen nahezu linearen Verstärker realisiert werden, hingegen ist der Bereich IIb, schwere Grammaturen, durch einen Verstärker mit z.B. doppeltlogarithmischer Verstärkung zu realisieren, wobei der nach unten abfallende Knick aufgrund der Dämpfungseigenschaften von Papieren nicht ohne aufwändige technische Maßnahmen realisiert werden kann.

Kurve III ist die dem Idealfall angenäherte Kennlinie, die durch eine 2-Punktverbindung erzeugt wird, im Beispiel durch die Verwendung eines mindestens einfachlogarithmischen Verstärkers, und zeigt die Linearisierung der Eingangskennlinie für den Einzelbogen. Es ist immer noch ein eindeutiger Durchgang der Einzelbogenkennlinie durch die Luft- bzw. Doppelbogenschwelle vorhanden und somit sind eindeutige Schaltpunkte gegeben. Damit ist auch ein breites Materialspektrum erfassbar. Kurve IV schließlich zeigt eine ungeeignete Einzelbogenkennlinie. Es tritt Sättigung gegenüber Luft ein, Kurvenbereich IVa, danach erfolgt ein steiler Abfall, also keine Verstärkung, in den Bereich des Rauschens, Kurvenbereich IVb.

6517/NP5/2.1.2004

- 17 -

Weiterhin muss darauf geachtet werden, dass die Spannungssignale für die Materialbögen nicht asymptotisch nahe einer der fixen und/oder variablen vorgegebenen Schaltschwellen liegen, da sonst eine klare Unterscheidung der Zustände schwierig werden könnte.

5

Das Wesen der Erfindung besteht somit darin, in der Auswerteschaltung einen Verstärker einzusetzen, dem eine Kennlinie vorgegeben wird, die die Kennlinie der Grammaturn der Objekte bzw. des Trägermaterials in Abhängigkeit von der Signalspannung, nämlich $U=f_{\text{Grammaturn}}$, über einen großen Grammaturnbereich
10 invers oder nahezu invers nachbildet. So wird eine lineare bzw. nahezu lineare Abhängigkeit zwischen dem von dem Ultraschallempfänger empfangenen Schalldruck p und der Signalspannung U_A am Ausgang des Verstärkers erreicht.

15

Figur 1 zeigt hierzu zur Transmissionsmessung ein prinzipielles Beispiel einer Vorrichtung, bestehend aus einem Ultraschallsender 1, der in einer Halterung 2, gehalten ist, wobei der Ultraschallsender 1 einem Ultraschallempfänger 6 gegenübersteht, der ebenfalls geeignet an einem Maschinenbauteil 8 befestigt ist. Die Ultraschallwandler 1, 6 stehen sich senkrecht zur Ebene des Objekts 4, 5 gegenüber, wobei deren Achsen antiparallel gerichtet sind. Die Ultraschallwandler 1, 6 werden von einer Auswerteschaltung 7 mit einer Auswerteelektronik
20 angesteuert. Mit dem Maschinenbauteil 8 verbunden ist eine Auflageplatte 10, auf die eine Blende 11 für die Ultraschallwellen aufgelegt ist. Die Ultraschallwandler 1, 6 bilden somit eine Schrankenordnung mit dazwischen in Richtung eines Pfeils 3 durchlaufendem Objekt, welches im Beispiel eine Folie 5 mit einem
25 Aufreißfaden 4 ist. Die Folie läuft dabei über zwei Rollen 9, 9'.

25

Der Ultraschallsender 1 sendet im Transmissionsmodus ein Ultraschallsignal aus, welches das Objekt 4, 5 durchdringt, wonach der transmittierte Anteil der Ultraschallwelle vom gegenüberstehenden Empfänger 6 empfangen und durch
30 die Auswerteelektronik 7 ausgewertet wird.

30

In Figur 7 ist ein Blockschaltbild der elektrischen Schaltung einschließlich einer Auswerteschaltung des transmittierten Signals gezeigt. An einen Ultraschall-

sender 13 ist eine Treiberstufe 14 sowie ein Oszillator 15 angeschlossen; Die
Ultraschallsignale des Ultraschallsenders 13 werden von einem Ultraschallemp-
fänger 16 empfangen, dessen Ausgangssignal nach Durchlauf durch einen
Begrenzungsbaustein 17 in einem Signalsplitter 18 aufgesplittet wird und gleich-
5 zeitig einem logarithmischen Verstärker 19 sowie einem linearen Verstärker 33
aufgegeben wird. Das Ausgangssignal des logarithmischen Verstärkers 19 sowie
einem linearen Verstärker 33 aufgegeben wird. Das Ausgangssignal des logarith-
mischen Verstärkers 19 wird in einem Gleichrichter 29 gleich gerichtet und durch-
läuft einen galvanischen Entkoppler 21 und wird auf einen Buffer 22 aufgegeben.
10 Das Ausgangssignal des linearen Verstärkers 33 durchläuft einen Filter 34 sowie
einen Gleichrichter 35 und einen galvanischen Entkoppler 36 und wird ebenfalls
einem Buffer 37 aufgegeben. Das logarithmische Ausgangssignal des Buffers 22
wird einem Spitzendetektor 39 sowie einer Sample+Hold-Schaltung 40
aufgegeben und anschließend einem A/D Konverter 41 zugeführt, welcher Teil
15 des Mikroprozessors 38 ist. Gleichzeitig wird das logarithmische Ausgangssignal
des Buffers 22 einem Schwellengenerator 42, der eine Schwelleninjustierung 45
aufweist, zugeführt, wobei der Schwellengenerator 42 an einen elektronischen
Schalter 43 des Mikroprozessors angeschlossen ist, der seinerseits mit einem
Komparator 44 des Mikroprozessors 38 in Verbindung steht. Über den Schalter
20 43 können Softwaremäßig verschiedene Abschnitte der Grammaturkurven
eingestellt werden, um eine optimale Anpassung der Umkehrkennlinie an
unterschiedliche Grammaturkurven unterschiedlicher Materialien zu erreichen.

25 Der zweite Eingang des Komparators 44 ist mit dem Ausgang des galvanischen
Entkopplers 28 verbunden. Das lineare Signal aus dem Buffer 37 wird ebenfalls
einem Spitzendetektor 46 und einer Sample+Hold-Schaltung 47 zugeführt und
danach einem A/D Konverter 48 des Mikroprozessors 38 zugeführt.

30 Die direkte A/D-Wandlung der Ausgangssignale nach dem logarithmischen
Verstärker 19 sowie dem linearen Verstärker 33 verbessert bzw. definiert exakt
die mögliche Ansprechzeit des Ultraschallempfängers 16, so dass damit in
vorteilhafter Weise die Schwellenvorgabe beim bisherigen Stand der Technik

6517/IDE/2.1.2004

- 19 -

entfällt. Möglicherweise notwendige Filteralgorithmen lassen sich elektronisch in einfacher Weise realisieren.

Die Figuren 3 bis 6 zeigen verschiedene Grammaturkurven in g/m^2 verschiedener Materialien, aufgetragen über der Ausgangsspannung, wobei in den Schaubildern jeweils Kurven in linearer Verstärkung sowie logarithmischer Verstärkung angegeben sind.

Daraus ist ersichtlich, dass die Grammaturkurven in linearer Verstärkung einen im Wesentlichen hyperbelmäßigen Verlauf aufweisen, welcher bei logarithmischer Verstärkung im Wesentlichen zu einer Geraden mutiert.

Der Grund ist, dass der logarithmische Verstärker als Arbeitskennlinie eine Umkehrkennlinie gegenüber der Grammaturkennlinie erhält, so dass die Ausgangsspannung nach dem logarithmischen Verstärker im Wesentlichen und in weiten Bereichen mehr oder weniger linear abfällt.

Gewerbliche Anwendbarkeit:

Das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung sind dort gewerblich anwendbar, wo die Anwesenheit von kein, ein oder zwei übereinander liegenden flächigen Materialien, vorzugsweise Papiere, erkannt werden soll. Die Nützlichkeit der Erfindung besteht insbesondere darin, dass über einen großen Grammaturbereich und für ein sehr breites Materialspektrum unterschiedlichster Materialien kein Teach-In notwendig ist. Das Materialspektrum umfasst Feinstpapiere bis dünne Blechen sowie Kunststoff- und Metallfolien. Der erfassbare Grammaturbereich erstreckt sich von unter 8g/m^2 bis zu 5000g/m^2 . Das Verfahren ist unempfindlich gegen Bedruckung, Farben oder spiegelnde Oberflächen des Objekts.

22

6517/NDE/2.1.2004

- 20 -

Bezugszeichenliste:

	1, 13	Ultraschallsender
	2	Halterung
	3	Pfeilrichtung
5	4,5	Objekte
	6, 16	Ultraschallempfänger
	7	Auswerteschaltung
	8	Maschinenbauteil
	9, 9'	Rollen
10	10	Auflageplatte
	11	Blende
	14	Treiberstufe
	15	Oszillator
	17	Begrenzungsschutz
15	18	Signalsplitter
	19	logarithmischer Verstärker
	20	Gleichrichter
	21	galvanischer Entkopplung
	22, 37	Buffer
20	33	linearer Verstärker
	34	Filter
	35	Gleichrichter
	36	galvanischer Entkoppler
	38	Mikroprozessor
25	39, 46	Spitzendetektor
	40, 47	Sample+Hold-Schaltung
	41, 48	A/D Converter
	42	Schwellengenerator
	43	Schalter
30	44	Komparator
	45	Schwellenjustierung
	49	Oszillatorenable
	50	elektronisches Potentiometer

Patentansprüche.

1. Verfahren zur berührungslosen Detektion von geschichteten flächigen Objekten, wie Bögen, unter Verwendung eines Senders und eines Empfängers zum Senden und Empfangen von Ultraschall, wie Papier, Pappe, Folien, Bleche oder ähnliche flächige Materialien, zur Detektion von Mehrfachlagen gegenüber der Einfachlage von Mehrfach- und Einfachbögen, von Papierklebe- oder -abriss- oder -aufreißstellen, sowie zur Detektion oder Zählen von auf einem Trägermaterial angeordneten Objekten, wie Etiketten, durch Erkennen von zwischen benachbarten Objekten befindliche Lücken, wobei das Objekt bzw. das Trägermaterial zwischen Sender und Empfänger angeordnet ist und der Empfänger die durch das Objekt bzw. das Trägermaterial transmittierte Ultraschallwelle empfängt, welche in einer mit dem Sender und dem Empfänger elektrisch verbundenen Auswerteschaltung ausgewertet wird,
- dadurch gekennzeichnet,
- dass die Auswerteschaltung einen Verstärker aufweist, welchem eine solche Kennlinie vorgegeben wird, welche die Kennlinie der Grammaturnummer der Objekte bzw. des Trägermaterials in Abhängigkeit von der Signalspannung, nämlich $U = f_{\text{Grammaturnummer}}$, über einen großen Grammaturbereich, nämlich wenigstens zwischen 8 g/m² bis über 4000 g/m², invers und/oder nahezu invers dergestalt nachbildet, Umkehrkennlinie oder Korrekturkennlinie, so dass damit mindestens eine lineare bzw. nahezu lineare und/oder eine nahezu ideale Abhängigkeit zwischen dem von dem Ultraschallempfänger empfangenen Schalldruck p sowie der dazugehörigen Eingangsspannung U_E und der Signalspannung U_A am Ausgang des Verstärkers erreicht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- dass in dem/den Verstärker/n der Auswerteschaltung als Kennlinie wenigstens eine solche Korrekturkennlinie verwendet wird, deren praktische Ausgestaltung in Form einer Approximation, zum Beispiel durch eine logarithmische und/oder eine mehrfachlogarithmische Kennlinie, vorgegeben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
dass die Amplitude der transmittierten Ultraschallwelle gemessen und mittels
eines kennlinienkorrigierenden bzw. mittels eines an die gewünschte ideale
Kennlinie sich annähernden elektrischen Messverfahren erreicht wird; dass über
5 ein breites Materialspektrum, wenigstens zwischen 8 g/m^2 bis zu 4000 g/m^2
Flächengewicht, eine praktisch lineare bzw. nahezu lineare Abhängigkeit des
Ausgangssignals in Bezug auf das Eingangssignal des Ultraschallempfängers
erzielt wird.
- 10 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
dass dem Verstärker der Auswerteschaltung als Kennlinie eine wenigstens
einfachlogarithmische Kennlinie in Kombination mit einer nahezu linearen Ver-
stärkerkennlinie und/oder mit einer der idealen Kennlinie angenäherten Kennlinie
vorgegeben wird.
- 15 5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass als Kennlinie des Verstärkers der Auswerteschaltung dem Verstärker eine
doppeltlogarithmische Kennlinie in Kombination mit einer linearen Kennlinie
vorgegeben wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die resultierende Kennlinie aus einer Kombinationen von verschiedenen
Kennlinien zur Erzeugung der geforderten idealen bzw. praktisch idealen
Kennlinie besteht.
- 25 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass als Kennlinie des/r Verstärker/s der Auswerteschaltung den/m Verstärker/n
eine logarithmische und/oder eine doppeltlogarithmische Kennlinie und/oder eine
der idealen Kennlinie zur Einfachbogenerkennung angenäherte Kennlinie in Kom-
30 bination mit einer nahezu linearen Kennlinie und/oder einer anderen dergestalt
und zu kombinierenden Kennlinie zur weiteren Annäherung an die ideale
Kennlinie vorgegeben wird.

25

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Gewinnung der Umkehrkennlinie für den/die Verstärker, die Schalldämpfung bzw. die daraus resultierende Signalspannung, $U=f_{\text{Grammatur}}$, in Abhängigkeit der Grammatur bzw. des Flächengewichts des Objekts bzw. des Trägermaterials aufgetragen wird und dergestalt die Kennlinien für eine Mehrzahl von unterschiedlichen Objekten bzw. Trägermaterialien ermittelt und daraus die optimale inverse und/oder nahezu inverse Umkehrkennlinie rechnerisch und/oder empirisch ermittelt und/oder die der idealen Kennlinie angenäherte Kennlinie ermittelt.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umkehrkennlinie für unterschiedliche Materialspektren in mehrere Abschnitte unterteilt wird und die Ultraschallwandler optimal an die unterschiedlichen Abschnitte mittels eines Mikroprozessors und darin abgelegten unterschiedlichen Programmen angepasst werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Unterteilung der Umkehrkennlinie für unterschiedliche Materialspektren in drei, vorzugsweise fünf, Abschnitte erfolgt, welche unterschiedlichen Grammaturbereichen zugeordnet werden.
11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Programme des Mikroprozessors zeitgerastert angewählt und durch einmaliges Auflegen und Abziehen eines Funktionseingangs der Auswerteschaltung abgefragt und eingestellt werden können.
12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dasselbe von Impulsbetrieb auf Dauerstrich umgestellt werden kann und n mögliche Programme ausgewählt werden können, die zeitgerastert anwählbar sind und sowohl manuell als auch von einer übergeordneten automatischen Steuerung bedient bzw. fernbedient werden können.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gesendeten Ultraschallwellen mit einer Modulationsfrequenz moduliert werden.
- 5 14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dasselbe von Pulsbetrieb auf Dauerstrich umgestellt werden kann.
15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal des logarithmischen Verstärkers einem A/D-Wandler
- 10 eines Mikroprozessors zugeführt wird.
16. Vorrichtung zur berührungslosen Detektion von flächigen Objekten, wie Papier, Pappe, Folien, Bleche oder ähnliche flächige Materialien, mit einem Sender und einem Empfänger zum Senden und Empfangen von Ultraschall, zur
- 15 Detektion von Mehrfachlagen gegenüber der Einfachlage von Mehrfach- und Einfachbögen, von Papierklebe- oder -abriss- oder -aufreißstellen, sowie zur Detektion oder Zählen von auf einem Trägermaterial angeordneten Objekten, wie Etiketten, durch Erkennen von zwischen benachbarten Objekten befindliche Lücken, wobei das Objekt bzw. das Trägermaterial zwischen Sender und
- 20 Empfänger angeordnet ist und der Empfänger die durch das Objekt bzw. das Trägermaterial transmittierte Ultraschallwelle empfängt, welche in einer mit dem Sender und dem Empfänger elektrisch verbundenen Auswerteschaltung ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet,
- 25 dass die Auswerteschaltung einen Verstärker aufweist, der eine solche Kennlinie aufweist, die der Kennlinie der Grammaturn der Objekte bzw. des Trägermaterials in Abhängigkeit von der Signalspannung, nämlich $U = f_{\text{Grammaturn}}$, über einen großen Grammaturnbereich, nämlich wenigstens zwischen 8 g/m^2 bis zu 4000 g/m^2 , invers oder nahezu invers entspricht, Umkehrkennlinie, zum Erreichen einer linearen
- 30 bzw. nahezu linearen Abhängigkeit zwischen dem vom Ultraschallempfänger empfangenen Schalldruck p und der Signalspannung U am Ausgang des Verstärkers.

6517/NDE/2.1.2004

- 25 -

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,
dass die Kennlinie des Verstärkers der Auswerteschaltung eine logarithmische
oder eine doppeltlogarithmische Kennlinie ist.
- 5 18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet,
dass die Kennlinie des Verstärkers der Auswerteschaltung eine logarithmische
Kennlinie in Kombination mit einer linearen Kennlinie ist.
- 10 19. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet,
dass die Kennlinie des Verstärkers der Auswerteschaltung eine doppelt-
logarithmische Kennlinie in Kombination mit einer linearen Kennlinie ist.
- 15 20. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,
dass nach dem Ultraschallsender und vor dem Objekt eine Loch- oder Schlitz-
blende angeordnet ist zum gezielt vorgegebenen Durchlass der Ultraschallwellen,
insbesondere zur Erkennung von auflaminierten Aufreißfäden.

6517/NDZ/2.1.2004

- 26 -

Zusammenfassung:

Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen
Detektion von flächigen Objekten mittels Ultraschall

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung mit einem Sender und einem Empfänger für Ultraschall zur berührungslosen Detektion von kein, ein oder zwei übereinander liegenden flächigen Objekten, wie Papier, Pappe, Folien oder Bleche. Das Objekt ist zwischen Sender und Empfänger angeordnet und der

10

Empfänger empfängt die durch das Objekt bzw. das Trägermaterial transmittierte Ultraschallwelle, welche in einer mit dem Sender und dem Empfänger elektrisch verbundenen Auswerteschaltung ausgewertet wird. Diese weist einen Verstärker auf, dessen Kennlinie die Kennlinie der Grammaturn der Objekte bzw. des Träger-

15

materials in Abhängigkeit von der Signalspannung, nämlich $U=f_{\text{Grammaturn}}$, über einen großen Grammaturnbereich, zwischen circa 8g/m^2 bis über 4000g/m^2 , invers oder nahezu invers, Umkehrkennlinie, nachbildet, so dass damit eine lineare bzw. nahezu lineare Abhängigkeit zwischen dem von dem Ultraschall-

20

empfänger empfangenen Schalldruck p und der Signalspannung U_A am Ausgang des Verstärkers erreicht wird. Die Kennlinie des Verstärkers ist vorzugsweise eine logarithmische oder eine doppeltlogarithmische Kennlinie.
Leitfigur ist Figur 7.

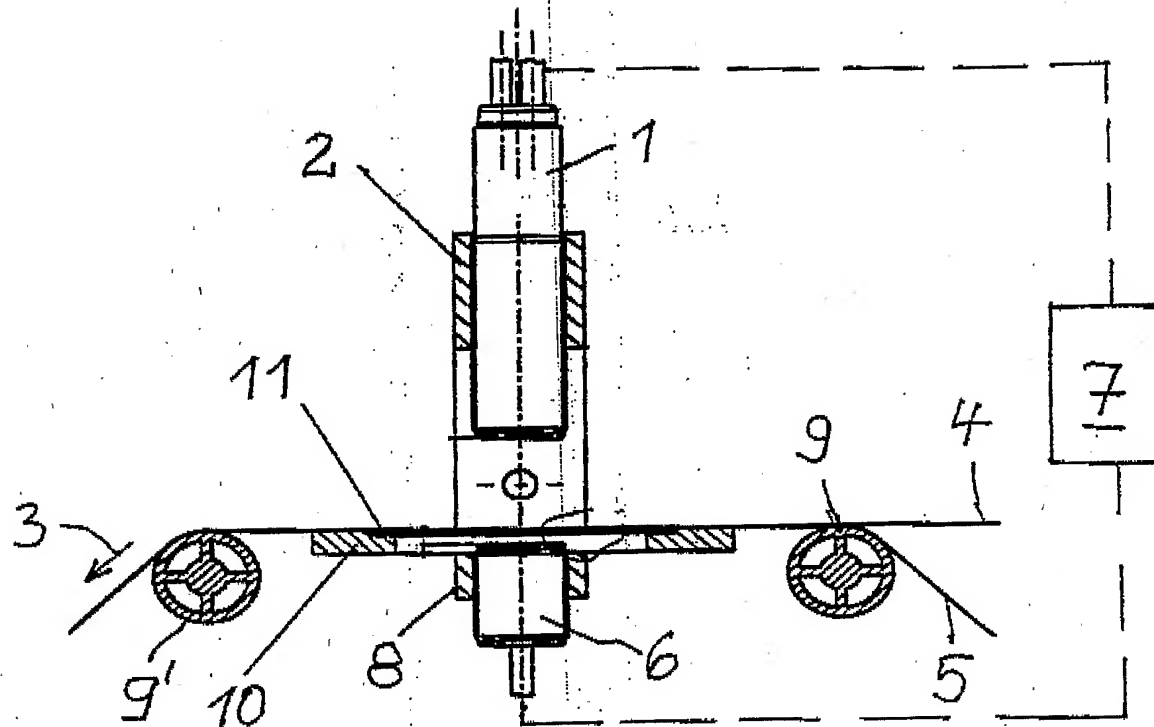


Fig. 1

Ausgangsspannung Verstärker
 $U_A / \text{p.u.}$

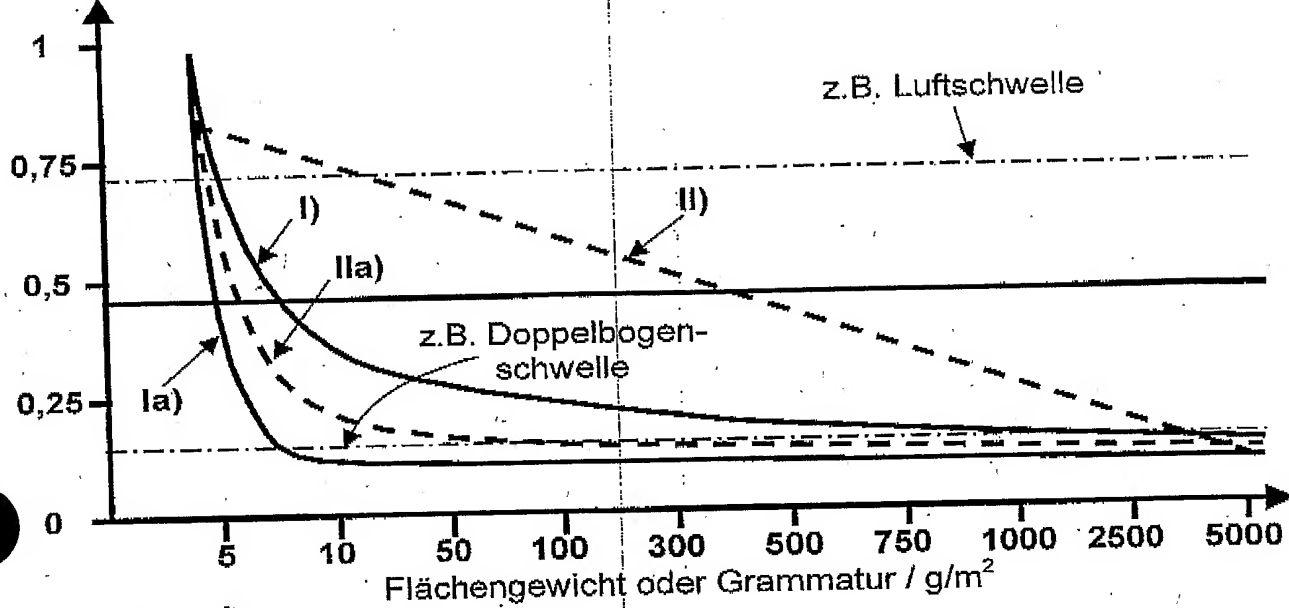


Fig. 2a

Ausgangsspannung Verstärker
 $U_A / \text{p.u.}$

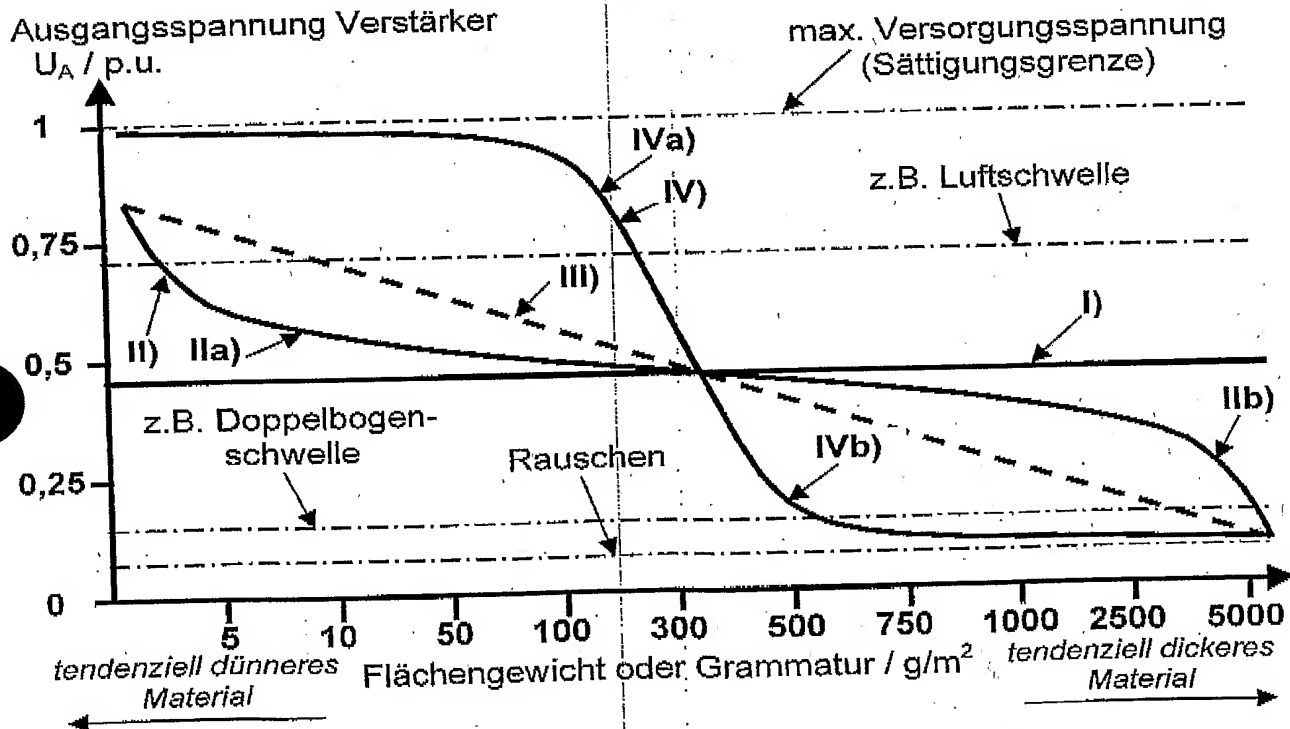


Fig. 2b

85

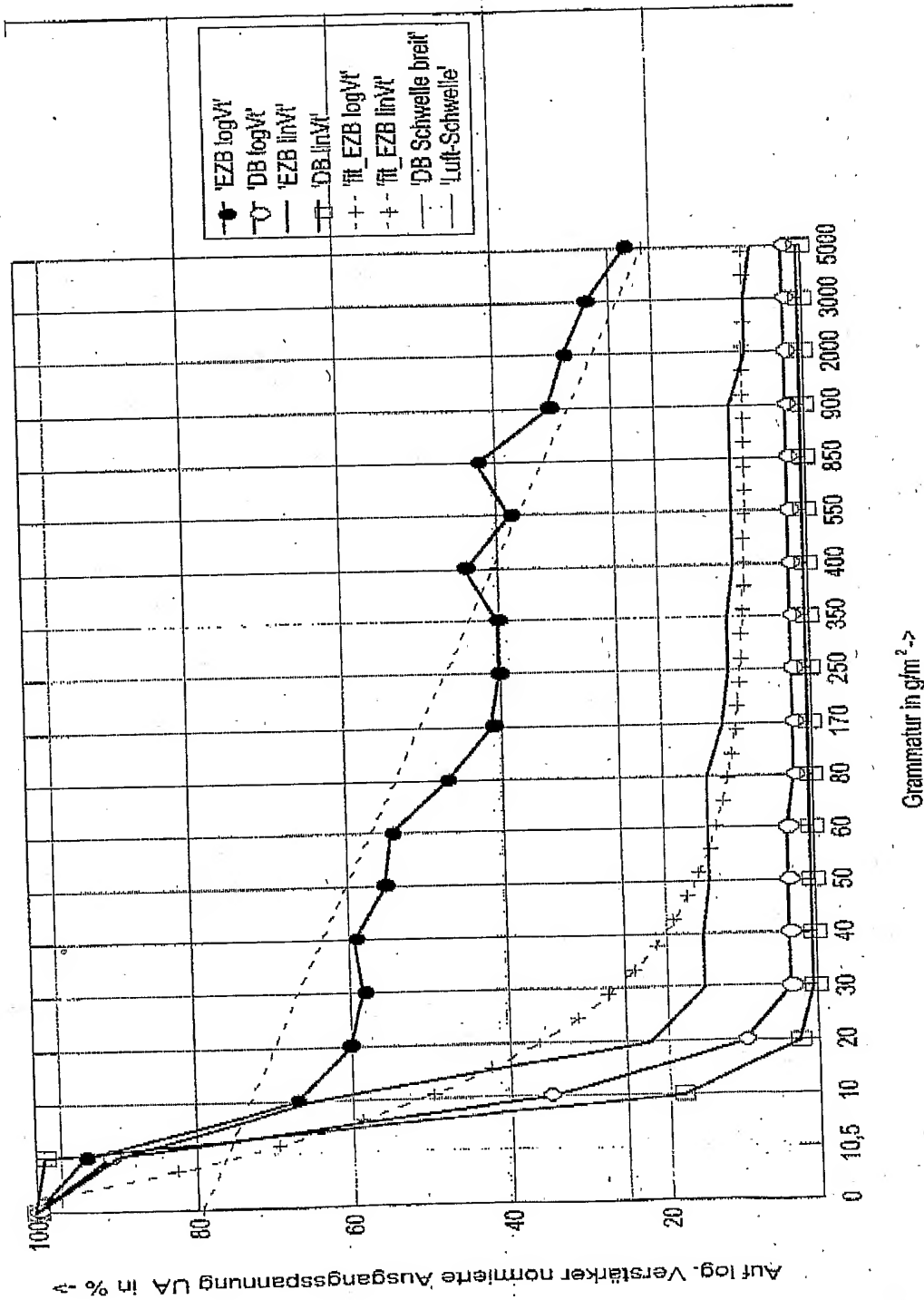
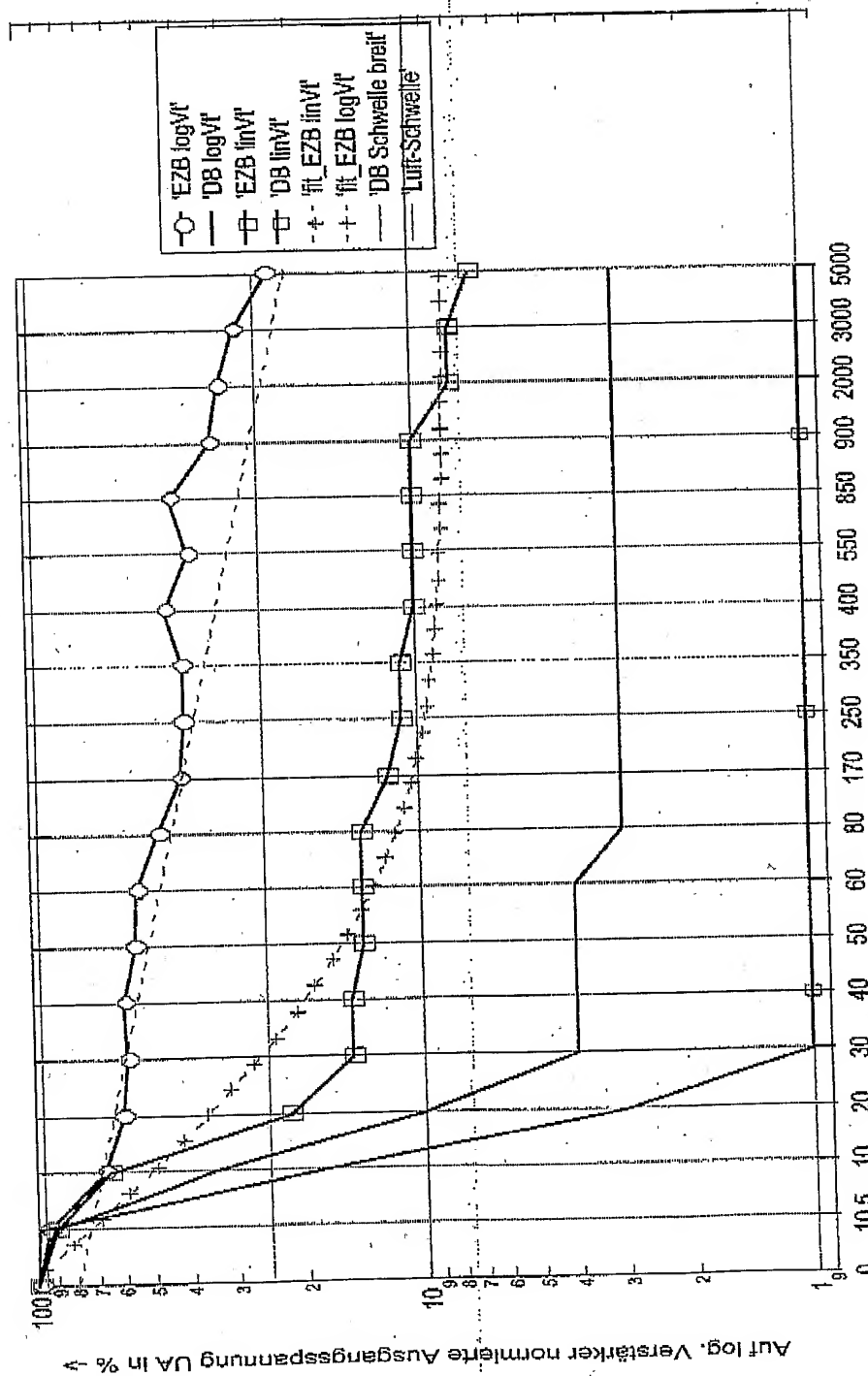
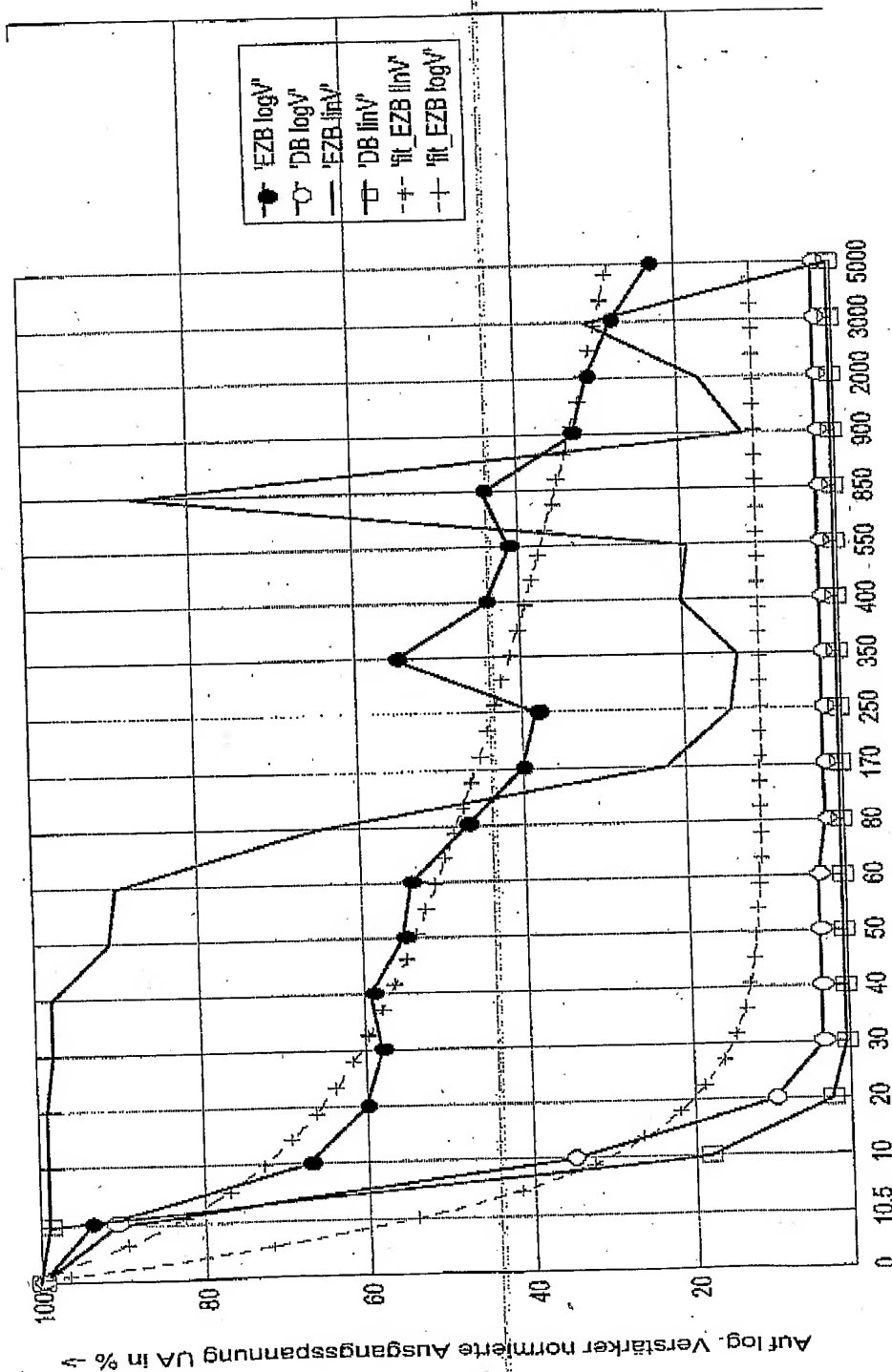


Fig.3



Grammatur in g/m² →

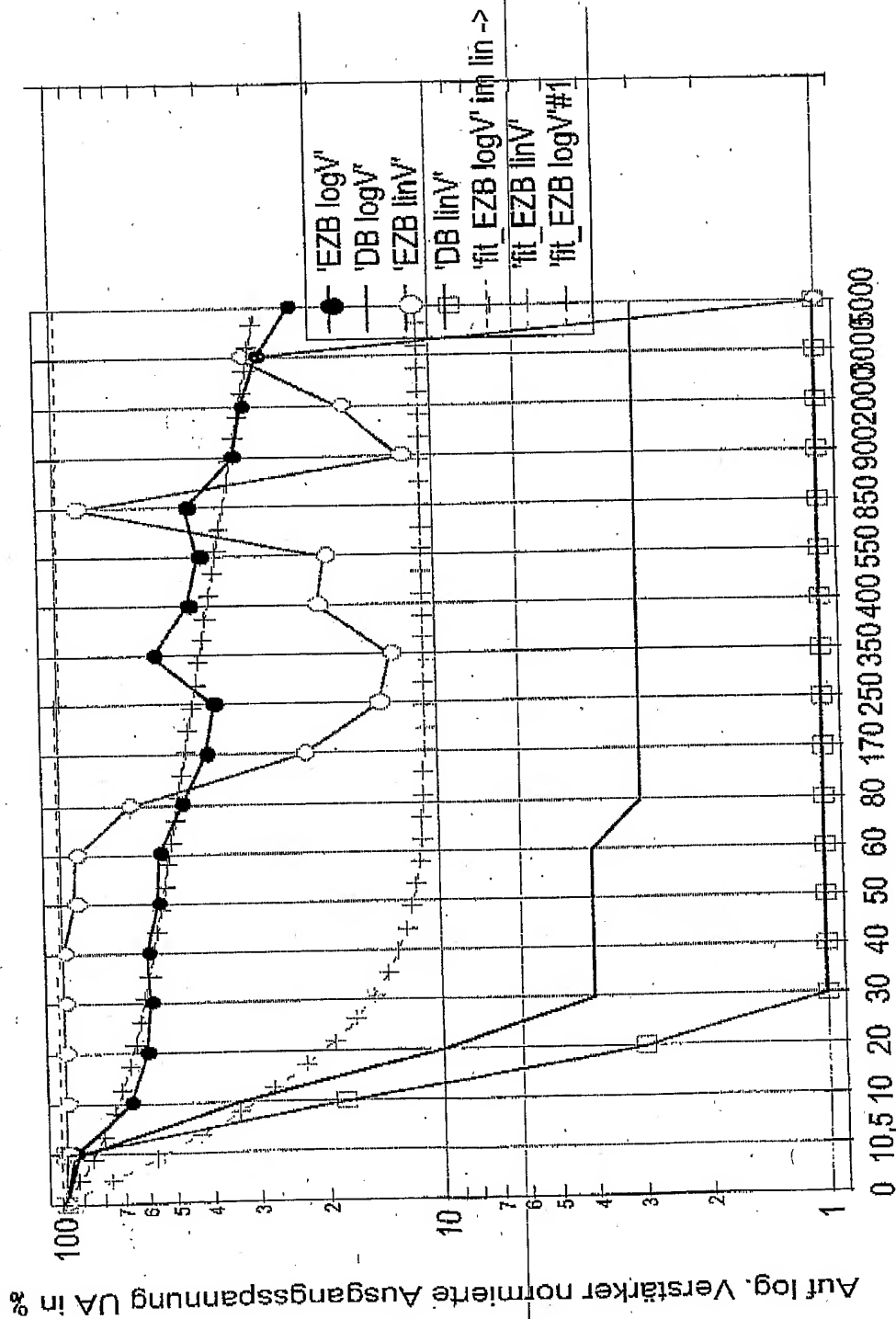
Fig. 4



Grammatur in g/m² →

Fig. 5

33



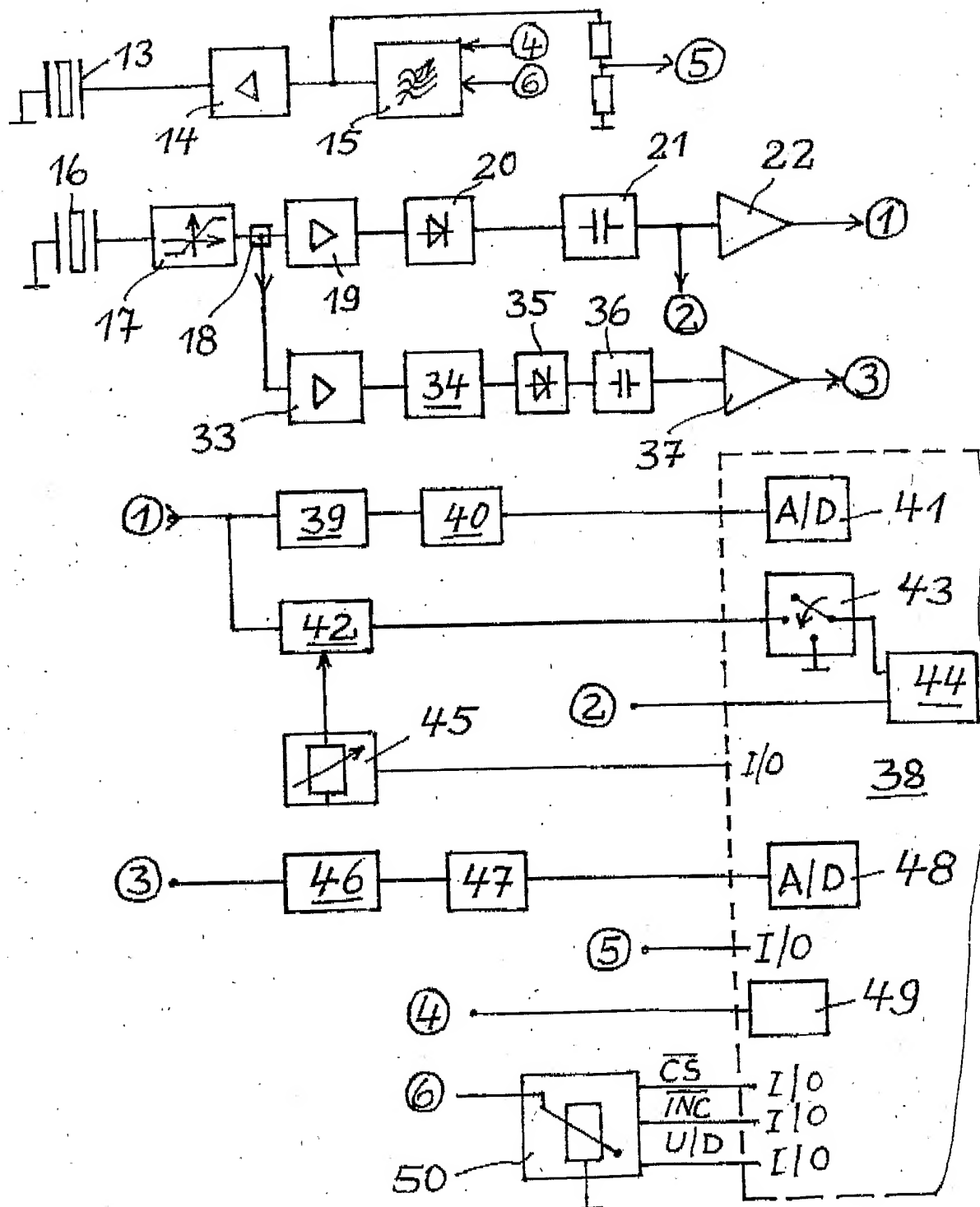


Fig. 7 *